第五章　古生物的主要门类(二)
——脊索动物及古植物

第一节　脊索动物门（Chordata）

一、概　述

（一）脊索动物门的主要特征及分类

脊索动物门是动物界中结构复杂，形态及生活方式极为多样的最高等的类群。本门主要特征：①身体背部具一条富弹性而不分节的脊索支持身体，低等的种类，其脊索终生保留，有的仅见于幼体，而多数高等种类只在胚胎期保留脊索，成长时即由分节的脊柱（脊椎）所取代；②具背神经管，位于身体消化道的背侧，脊索（脊柱）就在它的下方；③具咽鳃裂，水生的脊索动物终生保留鳃裂，而陆生的脊索动物仅见于胚胎期或幼体阶段（如蝌蚪）。

脊索动物门包括三个亚门，分别是尾索动物亚门、头索动物亚门和脊椎动物亚门。其中脊椎动物为脊索动物中最高等的一类，脊索仅在胚胎发育过程中出现，随即被脊柱（由若干单个脊椎骨组成）所取代，故名脊椎动物，本亚门各类化石代表及现生种类均繁多，本节将重点介绍脊椎动物。

（二）脊椎动物亚门的特征及分类

（1）脊椎动物的主要特征。脊椎动物身体有头、躯干和尾的分化，故又称有头类。多数种类，脊索只见于个体发育的早期，以后即为脊柱所代替。躯干部具附肢（偶鳍或四肢），有少数种类附肢退化或消失。除无颌纲外，均具备上、下颌。此外，具有完善的中枢神经系统位于身体背侧，其前端发育为大脑；循环系统位于身体腹侧；具内骨骼。

（2）脊椎动物亚门的分类。脊椎动物分类有不同划分方案。本书采用罗美尔（Romer，1966）在《古脊椎动物学》一书中的分类，把脊椎动物亚门分为两个超纲，九个纲，见表 5-1。

表 5-1　脊椎动物亚门的分类

- 脊椎动物亚门
  - 鱼形超纲（Pisces）
    - 无颌纲（Agnatha）
    - 盾皮纲（Placodermi）
    - 软骨鱼纲（Chondrichthyes）
    - 棘鱼纲（Acanthodii）
    - 硬骨鱼纲（Osteichthyes）

    } 无羊膜动物 } 变温
  - 四足超纲（Tetrapoda）
    - 两栖纲（Amphibia）
    - 爬行纲（Reptilia）
    - 鸟纲（Aves）
    - 哺乳纲（Mammalia）

    } 有羊膜动物 } 恒温

这一分类在纲的划分上是目前多数人所同意的，只是在超纲一级的划分上存在一个较大弱点，即混淆了无颌与有颌两类大的进化阶段。各纲地史分布见图 5-1(a)。

二、鱼形动物的一般特征、无颌纲及鱼类的演化与陆生四足动物的起源

(一)鱼形动物一般特征及鱼体各部度量

鱼形动物包括全部水生、冷血、鳃呼吸、自由活动伪脊椎动物。它们身体多呈纺锤形，不具五趾的肢骨，而具发育的鳍，其中背鳍、臀鳍和尾鳍位于身体的对称面上，因不成对，统称奇鳍。胸鳍及腹鳍成对在身体左右两例，统称偶鳍。鳍内有骨质棘，称鳍棘。鳍在身体的部位及相互关系，鳍刺及鳍条的排列情况，对鉴定鱼类化石有重要意义。鱼体各部名称及度量见图 5-1(b)。

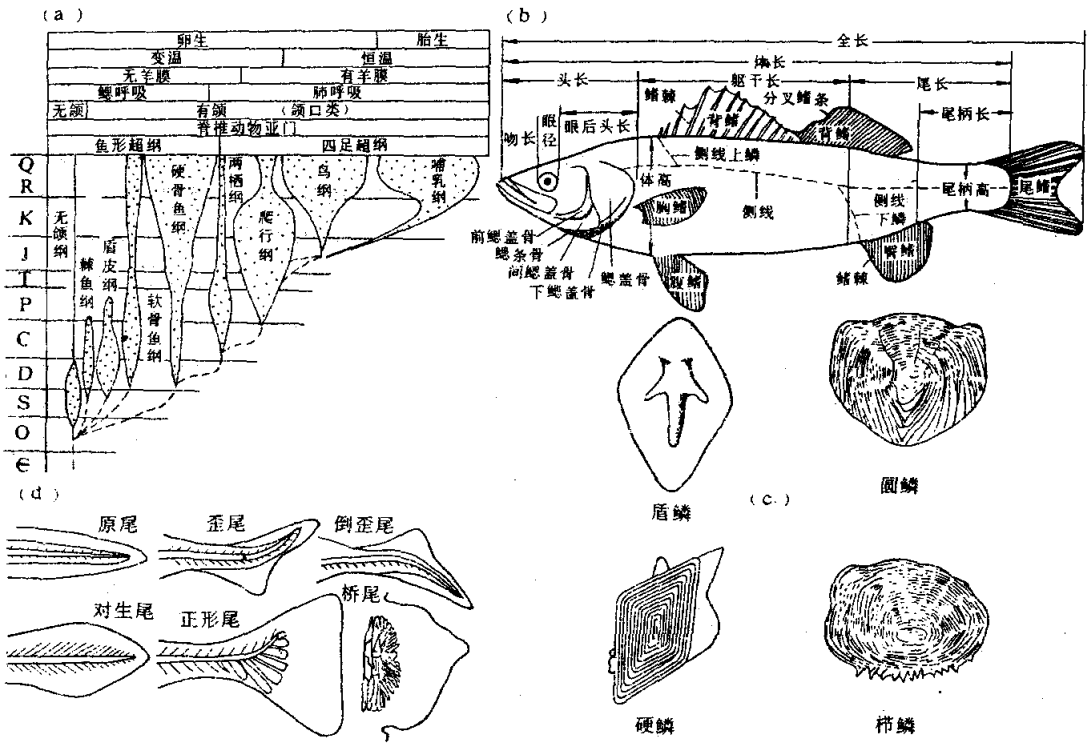


图 5-1　各纲地史分布

(转引自武汉地质学院古生物教研室，1983)

(a)脊椎动物的特征、分类及地史分布；(b)鱼类形态；(c)鱼鳞类型；(d)鱼尾鳍类型

(1)尾鳍：是鱼类重要的运动器官，也是分类和鉴定的重要根据之一，根据鱼的尾部脊柱延伸状况和尾鳍形态及对称性等，可将尾鳍划分为 6 种类型，见图 5-1(d)。

(2)鳞：多数鱼类体表披鳞，有保护作用，一般可分为 4 种：①盾鳞，外形似盾，基板部分埋于皮层内，尖锥状小棘突露出体外；②硬鳞，多为菱形，厚板状，表面具珐琅质层；③圆鳞，为骨质鳞，表面无珐琅质，可见同心状生长线纹；④栉鳞，也是一种骨质鳞，只是鳞片表面具小棘，后缘具小锯齿，见图 5-1(c)。

（二）鱼类的演化与陆生四足动物的起源

根据化石记录揭示或推测现代各种鱼类是由盾皮鱼（*Placodermi*）发展演化而来的。该类化石发现于志留纪后期地层中，繁盛于泥盆纪，因具成对鼻孔、颌及偶鳍，从而增强盾皮鱼的感觉、取食和运动的能力。泥盆纪时，由于地壳运动，古地理环境发生巨变，原在淡水栖息的鱼类，有的不能适应炎热干涸的环境而逐渐绝灭，也有部分由陆地水域被迫迁居海中。盾皮鱼的一支演变出早期软骨鱼类即是淡水鱼类迁到海洋生活的代表；另一支为适应干旱的环境，体内长出一对囊状突起，起原始肺脏的作用，代替鳃的功能，因此演变为早期的硬骨鱼类。

硬骨鱼纲的肺鱼类，总鳍鱼类中的扇鳍鱼类具内鼻孔及肉质偶鳍，能够在环境多变的淡水水域中生活。过去认为总鳍鱼类是陆生四足动物的祖先，但近年来新的资料表明，两栖类不一定从总鳍鱼类演化而来，有人重提肺鱼类可能是有尾两栖类的祖先。总之，陆生四足动物的起源问题还未真正解决。

三、两栖纲（Amphibia）

两栖纲的最主要特征在个体发育过程中幼体以鳃呼吸，无成对附肢，生活于水中，成年个体则用肺呼吸，具有四肢，但它的肺还不完备，需要靠湿润的皮肤（富于腺体）帮助呼吸。此外，两栖类头骨多扁平，骨片数目较鱼类减少，鳃盖骨化。

两栖纲的进步表现在初步解决了登陆所必须具备的若干条件：①有肺，可以在空气中呼吸，但肺不完备，需要靠湿润的皮肤帮助呼吸；②具有能支撑身体和运动的四肢；③早期两栖类身披骨甲或硬质皮膜来防止水分蒸发，现生种类则靠生活于阴湿处和分泌粘液进行保护。两栖类的出现是脊椎动物进化史上的一件大事，不过两栖类仍然未能真正摆脱水环境，集中表现为在水中产卵，幼体生活在水中，成年后肺和皮肤不够完备。

两栖纲始现于晚泥盆世，繁盛于石炭纪和二叠纪，并一直延续至现代，值得提出的化石是蜥螈（图 5-2），它具有两栖类与爬行类的特点，牙为迷齿型（图 5-3），头骨单一枕髁等，有人认为这种两栖动物有可能演变为中生代爬行类，也有人把蜥螈置于爬行纲，因它出现较晚（早二叠世），故可能是两栖类向爬行类进化中一绝灭的旁支。

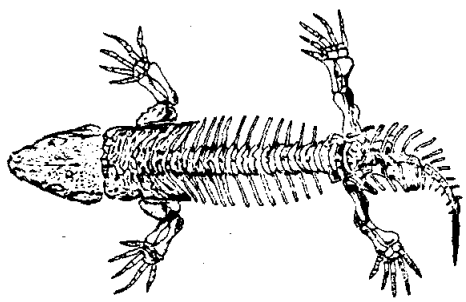


图 5-2　蜥螈 *Seymuoria baylorensis* Broili 复原图，×0.1，美国，下二叠统
（转引自何心一等，1993）

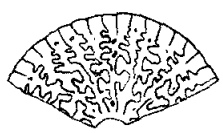


图 5-3　迷齿型牙齿横切面（部分）示珐琅质层形成的复杂迷路构造
（转引自武汉地质学院古生物教研室，1983）

四、爬行纲（Reptilia）

爬行动物区别于两栖动物之处，表现在头骨骨片减少，具一个枕髁。头骨具颞颥孔。四肢强大，趾端具爪。爬行类比两栖类更为进步之处，就是出现羊膜卵（图 5-4），它使爬行动物的卵不但具有石灰质的硬壳，预防损伤，减少卵内水分蒸发，而且在胚胎发育过程中还产生一种纤维质厚膜——羊膜，它包裹整个胚胎，形成羊膜囊，其中充满羊水，使胚胎悬浮在液体环境中，能防止干燥和机械损伤；卵黄可供给胚胎充分的养料，卵内尿囊则可收容胚胎的排泄物。因此，卵内可完成各阶段的胚胎发育。羊膜卵的出现使四足动物征服陆地成为可能，并向各种不同的栖居地纵深分布和演变发展，这是中生代爬行类在地球上占统治地位的重要原因。

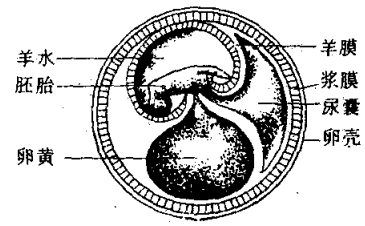


图 5-4　羊膜卵图形

（转引自谭光弼等，1983）

爬行动物依据颞颥孔的类型（图 5-5）可分为四个亚纲：无孔亚纲双孔亚纲；调孔亚纲和下孔亚纲。爬行类始现于晚石炭世早期，二叠纪逐渐增多，全盛于中生代，故中生代又称爬行动物时代。尤其是双孔亚纲的蜥臀目和鸟臀目，也就是俗称的恐龙（图 5-6），曾经在中生代显赫一时，因而中生代又称为恐龙时代，恐龙到白垩纪末全部绝灭。

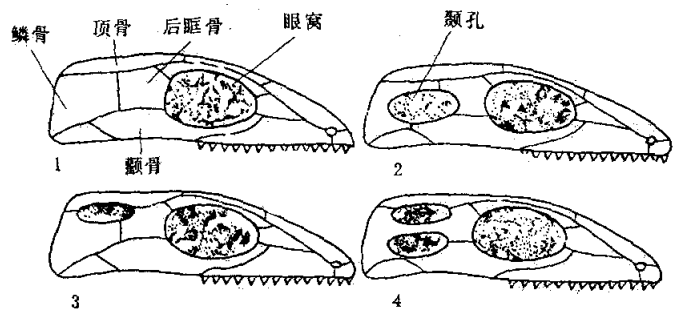


图 5-5　爬行动物头骨颞颥孔的类型

（转引自何心一等，1993）

1. 无孔型；2. 下孔型；3. 调孔型；4. 双孔型

五、鸟纲（Aves）

鸟类虽不是唯一能飞行的脊椎动物，但对飞行的适应是最成功的。它的主要特征是体表覆以羽毛，有翼，恒温和卵生，骨骼致密、轻巧，髓腔较大，许多部分骨骼愈合，胸骨发达，这些都是鸟类与其他脊椎动物的根本区别。

鸟类起源于爬行动物，但其直接祖先尚未查明。最早的鸟类化石产于德国巴伐利亚索仑霍芬晚侏罗世地层中的始祖鸟（图 5-7），其特点是除具有羽毛外，其余骨骼特点均与爬行类一致，如有尾，有牙，前肢末端仍具爪等。现在一般认为始祖鸟不是现代鸟类的直接祖先，只是进化中的一个侧支，真正鸟类的祖先可能出现得更早。我国新疆、甘肃的白垩纪、青海的始新世地层发现过零星的鸟骨化石。1996 年，我国辽西侏罗世地层中采到一块珍稀鸟类化石，取名中华龙鸟，也同时具有鸟类和爬行类特点，所以有人认为它是一只恐龙，不管它是鸟还

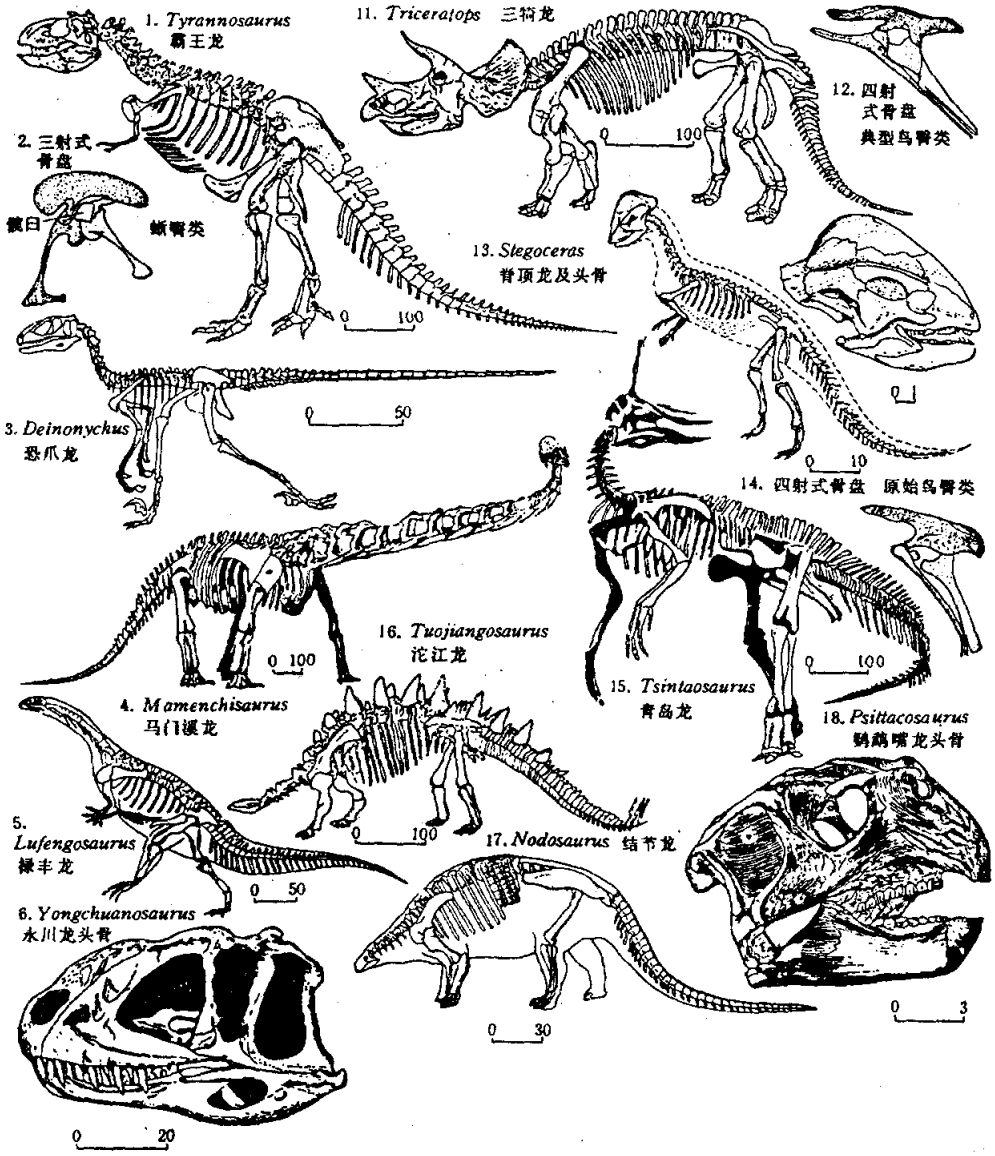


图 5-6 恐龙类代表属（比例尺单位为 cm）
（转引自何心一等，1987）

是恐龙，至少也是鸟类起源于爬行类的有力证据。

六、哺乳纲（Mammalia）

哺乳类是脊椎动物中最高等的一类，它具有更完善的适应能力。恒温、哺乳、脑发达、胎生（除单孔类外）等是其主要特点。哺乳动物的进步性还表现在以下几个方面：①具有高度发达的神经系统和感官，能适应多变的环境条件；②牙齿分化，出现口腔咀嚼和消化，提高

了对能量的摄取；③身体结构比爬行动物更为进化和坚固，一般具快速运动的能力。

哺乳动物的牙齿是其硬体中最坚硬的部分，易保存为化石，其组合形态随动物食性不同而多变化，因此，对分类具有极为重要的意义。哺乳动物的牙齿一般分化为门齿（I），犬齿（C）、前臼齿（P）和臼齿（M）四种，牙齿类型通常以齿式来表示，其公式为：

$$\frac{I\cdot C\cdot P\cdot M\cdot}{I\cdot C\cdot P\cdot M\cdot}\times 2=\text{该动物牙齿总数}$$

式中横线表示上下颌分开。前臼齿和臼齿合称颊齿，根据其形态和食性关系大致可分三种类型：①切尖型，食肉动物；②脊齿型，食草动物；③瘤齿型，杂食动物（图5-8）。



图 5-7 *Archaeopteryx lithographica* Meyer，×1/5
示骨架、羽毛印痕及保存原状，德国，上侏罗统
（转引自何心一等，1993）

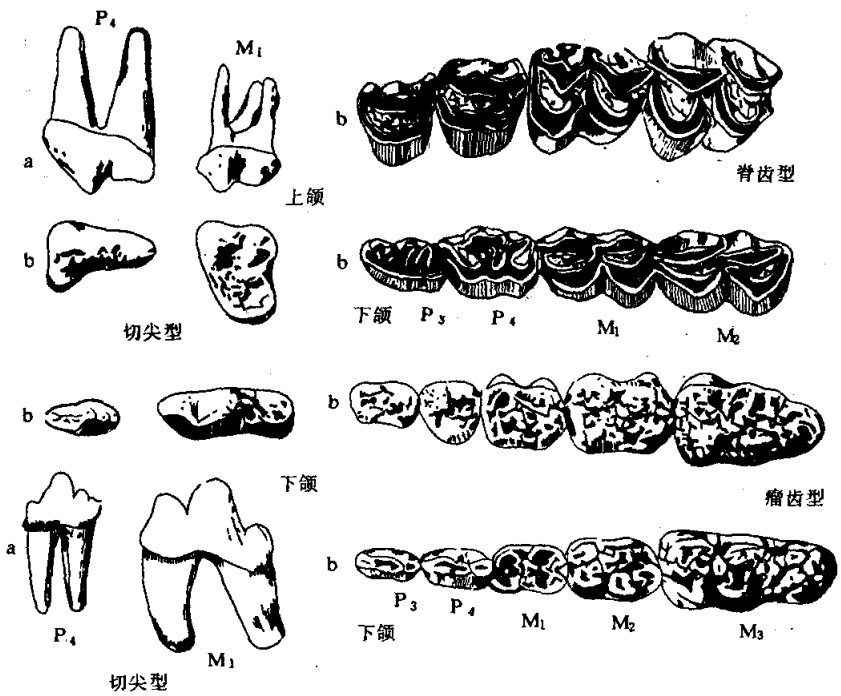


图 5-8 哺乳动物颊齿的主要类型
（转引自何心一等，1993）

哺乳动物最早出现于三叠纪，经过中生代的进化，到新生代获得了极大成功，取代了爬行动物，并占绝对优势，通过适应辐射，其生态领域扩展到海陆空等各种环境，故新生代又称为哺乳动物时代。

哺乳动物中智慧最高等的是灵长目。灵长类脑颅很大，眼睛大而前视，前肢得到进一步发展。本目包括三大类群，较原始的原猴类和较高等的猴类和猿类。猿类包括人类化石，目前发现的化石数量并不多，但关系到人类的进化和起源问题，因而受到人们极大重视。一般认为，人类进化大致经过如下阶段：第一阶段是从猿到人，即森林古猿—腊玛古猿—南猿—直立人；第二阶段是由古人到新人，古人亦称尼安德特人，简称尼人，我国称早期智人，生活于距今 20 万年左右至 5 万年前，其脑量已达现代水平，制作石器技术已大大提高。新人亦称克鲁马努人或晚期智人，生活于距今 5 万年至现代，新人的形态非常像现代人。他们制作的工具属旧石器时代的，有精细的旧石器，骨器和角器等，如我国周口店山顶洞人等。大约 1 万年前出现磨制的新石器，在距今 6 000 年前后逐渐出现了陶器，此后即进入人类的有史时期。

第二节　古植物学（Paleobotany）

一、概　述

古植物学是研究地史时期植物界的科学。按其研究对象的形态和体积大小，一般常分为大植物和微古植物，前者系指肉眼可见的植物的营养器官（根、茎、叶）和各种生殖器官；后者系指借助于显微镜研究的低等植物及高等植物的生殖细胞——孢子、花粉。

地球上最早出现的生命广义上是属于植物界的，距今 35 亿年的太古宙地层中就已发现过最原始的原核生物蓝藻类和细菌化石。古植物自元古宙以来对各时代地层划分，尤其是对元古宙海相地层和各时代非海相地层最为重要。古植物是划分、恢复地史时期古大陆、古气候和植物地理分区的主要标志。各类古植物本身亦参与了成矿、成岩作用，例如太古宙沉积型铁矿的形成与铁细菌活动有关；各种藻类可以形成礁灰岩、藻煤、硅藻土等；低等植物与石油、油页岩的生成有关；高等植物则更是各地史时期形成煤层的物质基础。

古植物学的基本分类系统与现代植物大体一致，按照躯体分化完善程度和细胞的结构、营养方式、生殖和生活史类型，分为低等植物和高等植物两大类，其分类系统如表 5-2。

二、高等植物的形态和结构

高等植物一般都已分化出根、茎、叶和生殖器官等部分，每个器官是由各种组织组合而成的。除苔藓植物门外，高等植物最重要的特征是具输导作用的维管系统，它存在于各个器官中。

1. 根

根的主要功能是吸收水分和无机盐，支持、固着植物体。根的形态除因类别而不同外，常因环境不同而异，旱生植物的根系能扎入深层土壤或膨大；潮湿地区植物根系较浅，常水平延伸或在茎的下部形成不定根或板状根以加强支撑。根部化石最常见于煤层的底板层中。

2. 茎

茎的功能是输送水分、无机盐和有机养料，支持树冠，分枝并形成大量叶以制造食物。

（1）茎的形态和生活类型：绝大多数植物的茎是直立茎，暖湿地区还常发育横卧地面的匍萄茎，附着它物的为攀援茎和缠绕茎。按茎的生活类型，高等植物可分为高大而又显著主干的乔木，主干不明显而较矮的灌木，攀附它物的藤本（体质和草质），矮小、无木质茎的草

本植物及寄生其他植物体的附生植物。

表 5-2　植物界分类系统

- 植物界
  - 低等植物
    - 菌类 (Mycophyta) ……太古宙—现代
    - 藻类 (Phycophyta)
      - 蓝藻植物门 (Cyanophyta) ……太古宙—现代，震旦纪最盛
      - 金藻植物门 (Chrysophyta) ……古生代—现代
      - 黄藻植物门 (Xanthophyta) ……？—现代
      - 硅藻植物门 (Bacillariophyta) ……早侏罗世—现代
      - 甲藻植物门 (Pyrrophyta) ……晚三叠世—现代
      - 裸藻植物门 (Euglenophyta) ……？—现代
      - 绿藻植物门 (Chlorophyta) ……寒武纪—现代
      - 轮藻植物门 (Charophyta) ……晚志留世—现代
      - 红藻植物门 (Rhodophyta) ……震旦纪—现代
      - 褐藻植物门 (Rhaeophyta) ……？—现代
  - 高等植物
    - 苔藓植物门 (Bryophyta) ……早古生代—现代
    - 原蕨植物门 (Protopteridophyta) ……晚志留世—泥盆纪
    - 石松植物门 (Lycophyta) ……泥盆纪—现代，石炭纪、二叠纪盛
    - 节蕨植物门 (楔叶植物门) Arthrophyta (Sphenophyta) …泥盆纪—现代，石炭纪、二叠纪盛
    - 真蕨植物门 (Pteridophyta) ……泥盆纪—现代，石炭纪、二叠纪、中生代盛

      （石松植物门、节蕨植物门、真蕨植物门 → 蕨类植物）
    - 前裸子植物门 (Progymnospermophyta) ……中、晚泥盆世—二叠纪
    - 种子蕨植物门 (Pteridospermophyta) ……晚泥盆世—早白垩世
    - 苏铁植物门 (Cycadophyta) ……晚石炭世—现代，中生代盛
    - 银杏植物门 (Ginkgophyta) ……二叠纪—现代，中生代盛
    - 松柏植物门 (Coniferophyta)
      - 科达纲 (Cordaitopsida) …晚泥盆世—早三叠世，石炭纪、二叠纪盛
      - 松柏纲 (Coniferopsida) ……中石炭世—现代，中生代盛

      （苏铁植物门、银杏植物门、松柏植物门 → 裸子植物）
    - 买麻藤植物门 (Gnetophyta)
    - 有花植物门（被子植物门）Anthophyta (Angiospermae)
      - 双子叶纲 (Dicotyledones)
      - 单子叶纲 (Monocotyledones)

      （早白垩世晚期—现代 → 被子植物）

      （裸子植物、被子植物 → 种子植物）

（2）茎的分枝：茎的分枝方式有二歧式和侧出式两种主要类型：二歧式分枝由顶端分生组织均等或不等二歧分叉形成；侧出式分枝（也称单轴式分枝）是由侧芽发育成侧分枝，有明显的主轴和较细的侧枝（图 5-9）。由不等二歧式分枝形成“之”字型的“轴”和较短的“侧枝”，进而形成侧出式分枝，可能反映了维管植物分枝形式的进化规律。

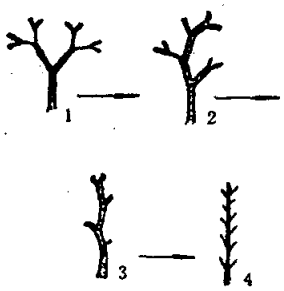


图 5-9　茎的分枝方式

（转引自何心一等，1987）

1. 二歧式分枝；2. 不等二歧式分枝；3. 二歧合轴式分枝；4. 侧出式分枝（单轴式分枝）

3. 叶

叶是高等植物重要的营养器官。叶数量多，表面有角质层保护，被掩埋后保存的机会最多，叶的形状和叶脉的多样性最能反映各植物种的特征。现代植物研究表明，除少数异叶性情况外，同种植物的叶形相似。

（1）叶的组成和叶序：叶通常由叶柄和叶片组成，有的还有托叶。没有叶柄的称为无柄叶，叶柄上只有一枚叶片的称单叶；叶柄上有多片小叶者称为复叶，有各种形式（图 5-10），有的叶基部相连形成包围于茎节上的叶鞘。

叶在枝上排列的方式称为叶序，有互生、对生、轮生、螺旋生等（图 5-11），其排列的规律是使相邻叶之间互不遮盖，使叶以较大面积接受阳光。

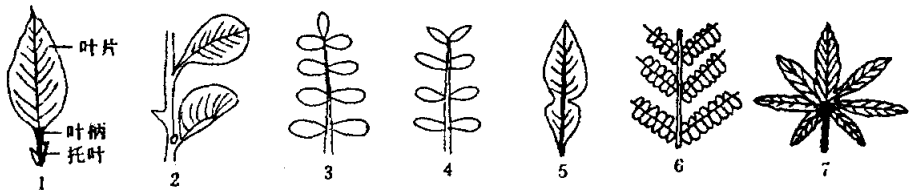


图 5-10　单叶和复叶

(转引自武汉地质学院古生物教研室，1983)

1. 完全叶（托叶、叶柄、叶片）；2. 单叶；3. 奇数单羽状复叶；
4. 偶数单羽状复叶；5. 单身复叶；6. 二次羽状复叶；7. 掌状复叶

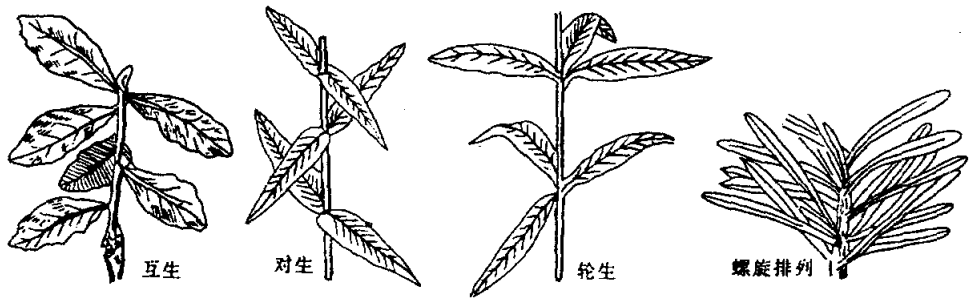


图 5-11　叶序

(转引自武汉地质学院古生物教研室，1983)

(2)叶的形状：包括叶的整体轮廓、叶的顶端、基部及叶边缘。叶的轮廓通常以叶的长、宽之比及最宽处的部位为标准而划分为基本的几何形态，并结合常见物体形象而命名(图 5-12)。

叶的边缘无裂者称为全缘，有的叶缘呈锯齿状、波状，或呈浅裂、深裂、全裂和掌状分裂。叶顶端形态和叶基部形态各有六种(图 5-13)。

(3)叶脉：叶脉是分布在叶片中的维管束。叶脉在叶片中排列的方式称为脉序，其形式多样化，且比叶形有较大的稳定性，是鉴定植物化石的重要特征，基本类型见图 5-14。

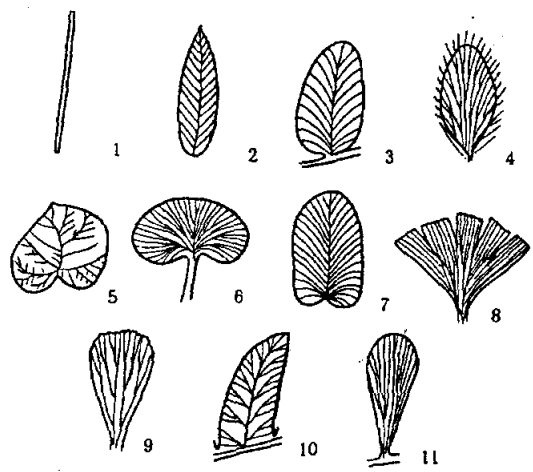


图 5-12　叶的各种形状

(转引自武汉地质学院古生物教研室，1983)

1. 线形；2. 披针形；3. 卵形；4. 椭圆形，5. 心形；
6. 肾形；7. 舌形；7. 扇形；9. 楔形；10. 镰刀形；11. 匙形

4. 高等植物的生殖器官

原始类群如原蕨、石松、节蕨和真蕨各门的生殖器官为孢子囊，载孢子囊的叶称为孢子叶。孢子囊内的孢于母细胞有的大小一致(同孢)，有的大小不一致(异孢)。裸子植物和被子植物都是异孢植物，雄性的孢子囊称为花粉囊，可聚成各种形式的孢子叶，着生于生殖枝(小孢子叶球)。雌性生殖器官叫胚珠，受精后发育成种子，裸子植物各门种子形状多种多样，被子植物的种子和果实也多样化。

三、原蕨植物门（Protopteridophyta）

原蕨植物也称裸蕨植物，它是最早而原始的陆生维管植物。本门共同的特征是植物体一般矮小（十几厘米至 2 m），分化不明显，茎二歧式分枝，无叶，无真正的根，为拟根状或假根，孢子囊常位于枝的顶端，或侧生成穗状。

原蕨植物始现于晚志留世，繁盛于早、中泥盆世，晚泥盆世就全部绝灭。原蕨植物的出现是植物界进化史上重要的转折点，它们完成了从水域扩展到陆地的飞跃。陆

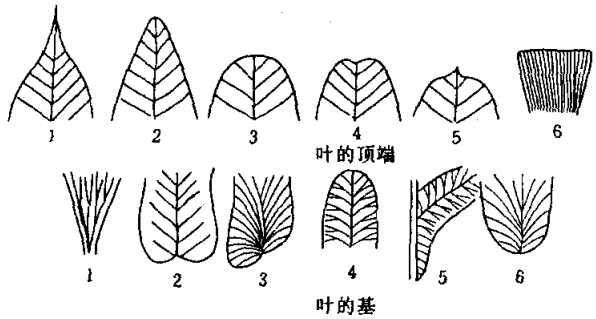


图 5-13　叶的顶端和基部
（转引自武汉地质学院古生物教研室，1983）
叶的顶端：1. 急尖；2. 渐尖；3. 钝圆；4. 凹缺；5. 短尖头；6. 截形
叶的基部：1. 楔形；2. 心形；3. 偏斜；4. 截形；5. 下延；6. 圆形

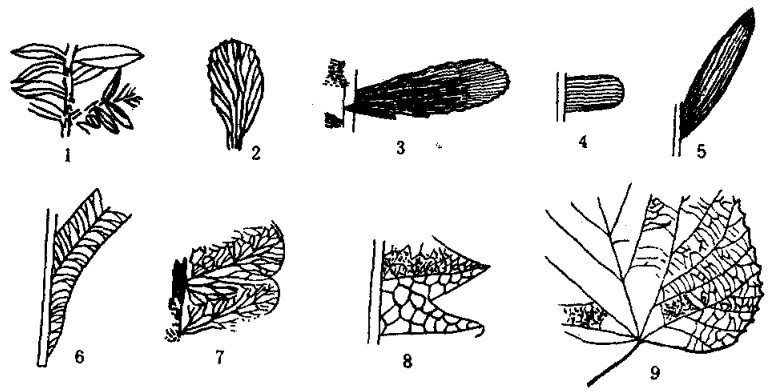


图 5-14　叶脉的类型（转引自何心一等，1987）
1. 单脉；2. 扇状脉；3. 放射脉；4. 平行脉；5. 弧形脉；6. 羽状脉及邻脉；7. 简单网脉；8～9. 复杂网脉

地环境的多样性，又是促进它们迅速分化发展的外因。原蕨植物是无叶的，其他维管植物都有叶的分化，它们的发生与原蕨植物的进化有关。一种是由原蕨植物门二歧分枝的顶端枝系逐渐扁化，并合而形成大型叶（顶枝起源叶）（图 5-15）；另一种叶由茎表面突出物延伸发展而成小型叶（延伸起源叶）（图 5-16）。因此原蕨植物门在植物界演化及系统发育上都有重要意义。

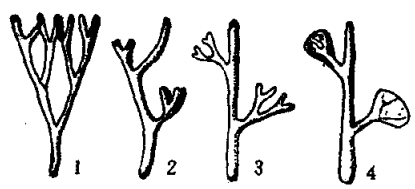


图 5-15　大型叶（顶枝起源叶）的演化图解
（转引自何心一等，1993）
1. 二歧分枝；2. 不等二歧分叉（或称单出）较弱枝代表大型叶在演化发端时期；3. 原如大型叶的二歧分枝（“扁化”）；4. 大型叶分叉之间的联合（“蹼化”）、产生扁平而具二歧分叉的叶脉

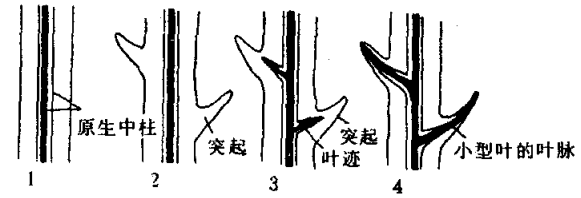


图 5-16　小型叶（延伸起源叶）的演化示意图
（转引自何心一等，1993）
1. 裸蕨状植物茎光滑；2. 茎表皮突起无维管束；3. 有细的维管束通至突起基部；4. 维管束伸达突起延生的叶器官内

四、石松植物门（Lycophyta）

石松植物的茎二歧式分枝。单叶，小而密布于枝，呈螺旋状排列，单脉。孢子囊单个着生于孢子叶的叶腋或叶的上表面近基部处。

石松植物化石最常见的是叶的基部膨大，脱落后在茎、枝表面留下的印痕称叶座，例如晚古生代最发育的鳞木，其叶座结构最典型（图 5-17）。鳞木叶座螺旋形排列。叶座上部心形或菱形、微凸、呈低锥形的部分称为叶痕，为叶基部脱落留下的痕迹。叶表面有横列三个小点痕，中间是叶脉痕迹称束痕，两侧边为通气道痕或称侧痕。有的在紧邻叶痕之下的叶座表面另有 2 个通气道痕。叶痕的上方有叶舌留下的叶舌穴。叶痕的下方或上、下方正中有微凸的中脊及横纹。叶座的形状、结构及排列方式各不相同是鳞木目划分科、属的依据。

石松植物门始现于早泥盆世、晚泥盆世开始繁盛，极盛于石炭纪，是当时造煤的物质基础，二叠纪后期开始衰退，除中生代早期尚残存少量木本类型外，中生代至现代都为草本。现在仅存草本的少数属。

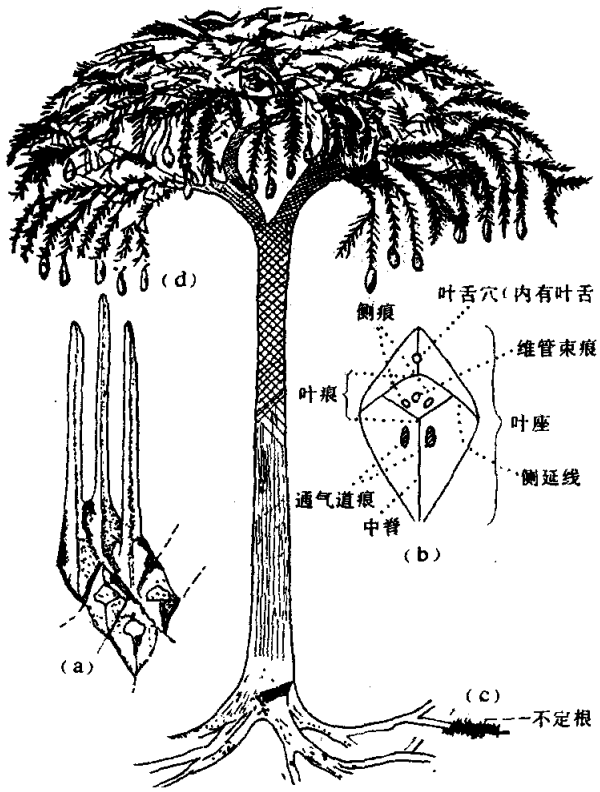


图 5-17　鳞木复原及叶座

（转引自何心一等，1993）

(a) 叶在茎枝上的着生状态；

(b) 叶座放大；(c) 根座；(d) 鳞孢穗

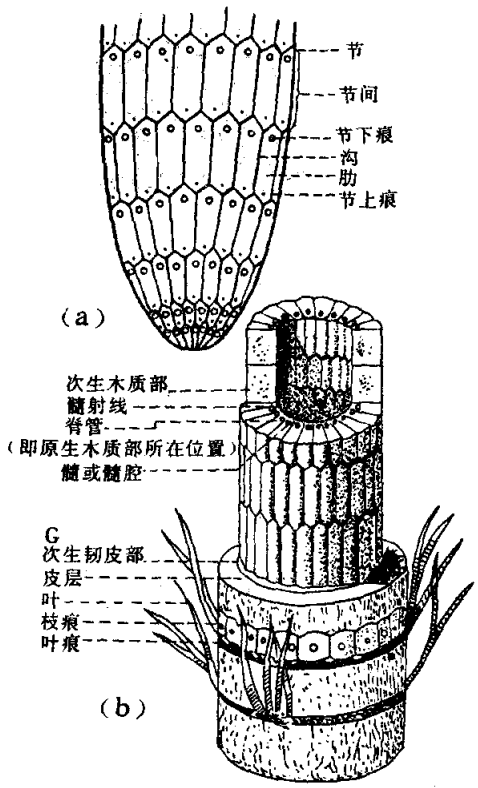


图 5-18　芦木 *Calamites*

(a) 髓模；(b) 茎的构造示意图

（转引自何心一等，1993）

五、节蕨植物门(Arthrophyta)或楔叶植物门(Sphenophyta)

节蕨植物最明显的特征是茎单轴式分枝,明显地分为节和节间,节间上有纵脊和纵沟,枝和叶都自节部伸出。单叶,叶小,轮生。孢子囊着生在孢囊柄上并聚成孢子囊穗。

节蕨植物最常见的化石一类是其茎及其髓模化石(图 5-18),另一类是叶化石(图 5-19)。节蕨植物始现于早、中泥盆世,石炭纪至二叠纪为全盛期,遍及全球,有乔木、草本、小型藤本各种类型。中生代只有草本的木贼目,早白垩世后更趋衰退,现代仅存木贼一属。

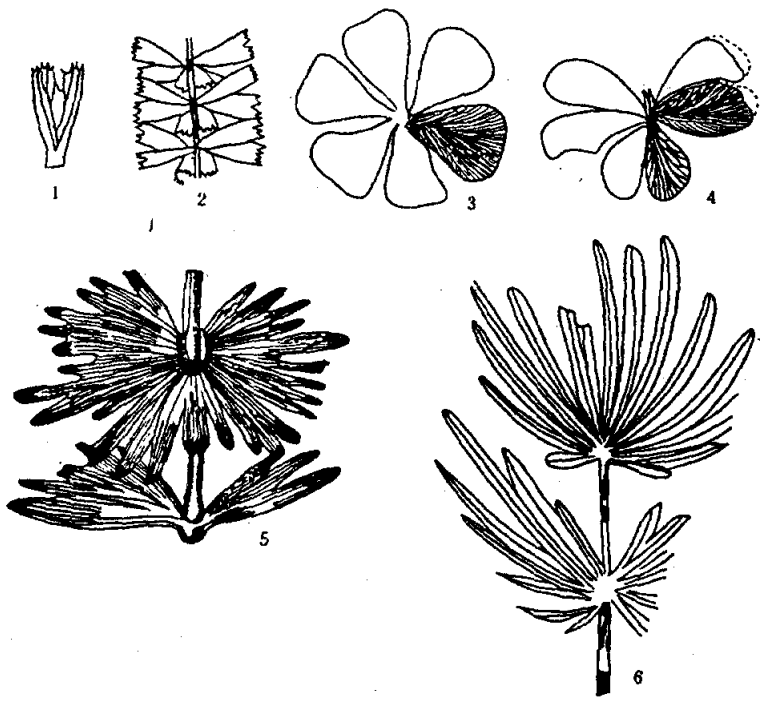


图 5—19 节蕨植物叶化石代表

(转引自何心一等,1993)

1~4. 楔叶 *Sphenophyllum*;5. 轮叶 *Annularia*;6. 辫轮叶 *Lobatannularia*

六、真蕨植物门(Pteridophyta)

真蕨植物的茎不发育,它最突出的特征是叶很大,绝大多数为一次至多次羽状复叶,也有单叶或掌状分裂叶,总称蕨叶。叶柄和茎均以二歧合轴式及单轴式分枝为主。孢子囊不聚成穗而是单个或成群着生于叶的下表面(背面)。

由于真蕨类的叶子很大,保存为化石时常不完整,不易确定蕨叶分裂次数,故通常以蕨叶的最小单位起始来计算羽次,羽状复叶各部分名称见图 5-20。小羽片是鉴别蕨叶的最基本单位,其轮廓、基部、顶端和边缘都有很多种类型。叶脉多样化,有扇状脉、羽状脉等,尤以后者最普遍。部分真蕨类具网状脉。

真蕨植物门的蕨叶与种子蕨植物门的蕨叶形态极为相似,对未发现生殖器官的几乎无法区别,常根据叶形态而建立形态属。

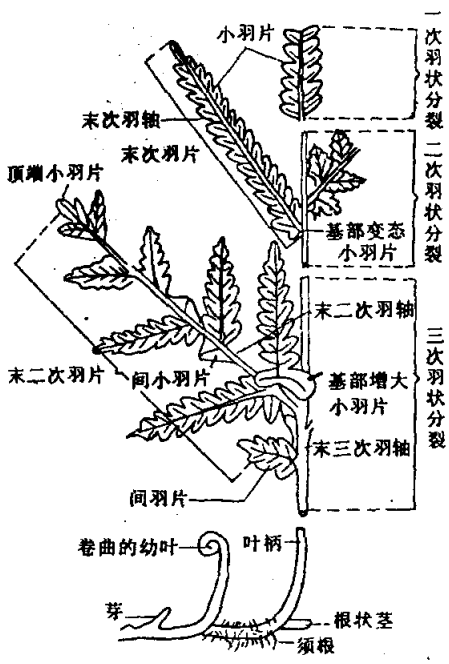


图 5-20 真蕨门或种子蕨门的蕨叶综合示意图
（转引自何心一等，1993）

真蕨门最早出现于中泥盆世，石炭纪起大盛，并可能为聚煤原始物料之一。新生代本门在植物界中仅占很次要地位。现代真蕨类以热带、亚热带暖湿地区最盛。

七、种子蕨植物门（Pteridospermophyta）

种子蕨植物门是古老的裸子植物，植物体不很大，为小乔木或灌木，也有藤木的，直立或攀援，很少分枝。又与苏铁植物相似，曾名为苏铁羊齿类。本门最常见的化石是叶部，大多数为大型羽状复叶，形态与真蕨门的蕨叶几乎无法区别，不同的是生殖叶上长有种子，故名种子蕨。由于大多数蕨形叶的生殖器官化石缺乏，无法确定其自然分类位置，因此常采用形态分类，即依据蕨形叶的形状、脉序型式、小叶与轴的关系等特征建立形态分类及形态属，分为很多种蕨形叶类型（图 5-21）。

种子蕨植物始现于晚泥盆世，石炭纪至早二叠世极盛，晚二叠世衰退，少数延续至中生代，可能至晚白垩世绝灭。

八、苏铁植物门（Cycadophyta）

现代苏铁植物门多数是粗矮的常绿木本植物，而化石苏铁常为细茎类型。很少分枝或不分枝。茎顶端丛生坚硬革质的一次羽状复叶或单叶。羽状分裂的裂片着生于羽轴两侧或羽轴腹面，大多数具平行脉、放射脉，个别为单脉或网状脉。叶表皮角质层厚，气孔下陷。

苏铁植物在地层中经常见到的大多是叶的印痕化石，单凭叶的外部形态，不易归入自然分类，常常根据叶形态先建立形态属名，再根据表皮细胞结构归入自然分类。最常见的叶化石有侧羽叶（*Pterophyllum*）、尼尔桑（*Nilssonia*）、毛羽叶（*Ptilophyllum*）、耳羽叶（*Otozamites*）和大网羽叶（*Anthrophyopsis*）等（图 5-22）。



图 5-21 蕨形叶类型
（转引自何心一等，1993）
1. 扇羊齿，2. 准楔羊齿；3. 针羊齿；4. 楔羊齿；5. 栉羊齿；6. 脉羊齿；7. 畸羊齿；8. 座延羊齿；9. 齿羊齿；10. 美羊齿；11. 单网羊齿；12. 带羊齿；13. 舌羊齿

九、银杏植物门（Ginkgophyta）

现代银杏为高达 30 余米的乔木。单轴式分枝，有长、短枝之分。长枝上稀螺旋着生单叶，短枝上叶呈密螺旋状排列，形成簇状（图 5-23）。单叶，具长柄、扇形、肾形或宽楔形，或分裂成细长的裂片（图 5-24）。自叶的基部

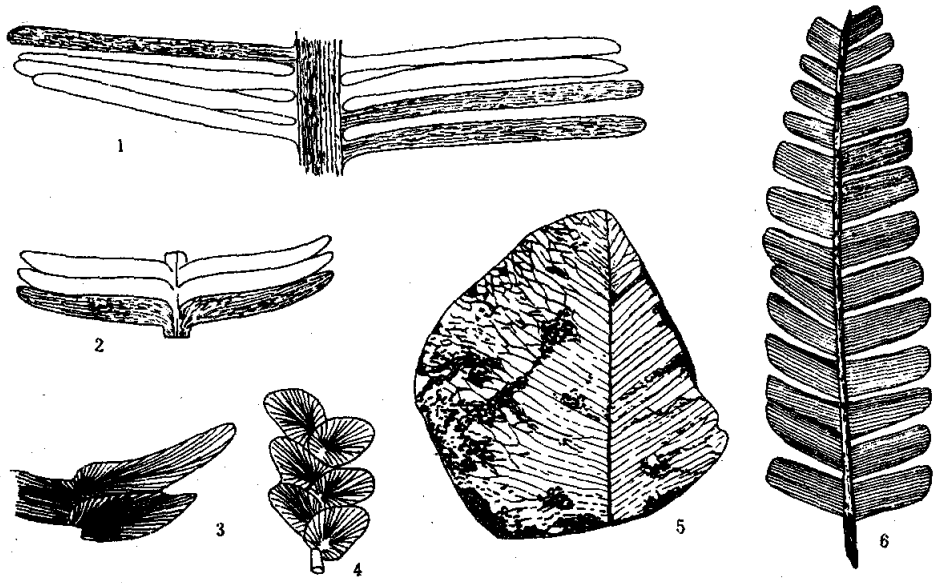


图 5-22　苏铁纲的叶化石（转引自何心一等，1987，合并）

1. 侧羽叶 *Pterophyllum*；2. 毛羽叶 *Ptilophyllum*；3，4. 耳羽叶 *Otozamites*；5. 大网羽叶 *Anthrophyopsis*；6. 尼尔桑 *Nilssonia*

伸出两条脉然后多次二歧式分叉形成扇状脉。

本门始现于晚古生代，较可靠的记录是自二叠纪起，至中生代，尤其是侏罗纪和早白垩世达到极盛阶段，分布广，几乎遍及全球。早白垩世晚期突然衰退，第三纪晚期地理分布已缩小，至现代仅存一属，即银杏，分布于我国及日本，为孑遗的活化石。

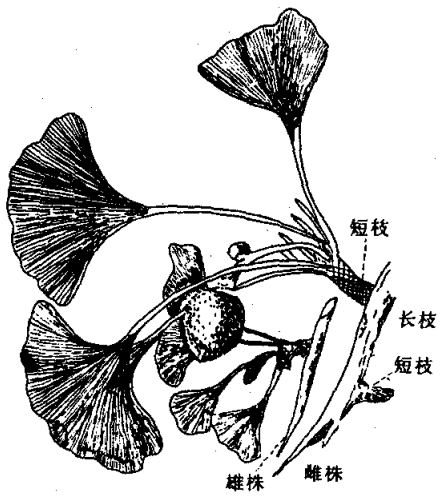


图 5-23　现代的银杏 *Ginkgo biloba*
（转引自何心一等，1987）

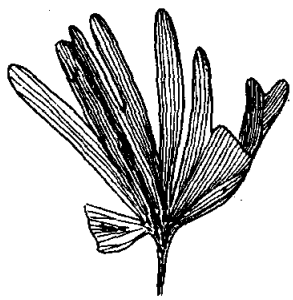


图 5-24　侏罗纪的 *Ginkgoites sibiricus*
（转引自何心一等，1987）

十、松柏植物门（Coniferophyta）

本门植物体为多分枝的乔木或灌木，次生木质部中薄壁细胞少，致密。单叶呈螺旋形排列。雌雄同株或异株，球果单性。包括科达纲和松柏纲。

（一）科达纲（Cordaitopsida）

本纲已绝灭，植物体为树干直径不超过 1 m 的细高乔木，茎干基部有的有高位支持根（图 5-25，1）。树干上部多分枝，组成较大的树冠。单叶，螺旋状着生于枝。无柄，带形至舌形（图 5-25，6），大小不一，长者可达 1 m，短者仅几厘米，平行脉。茎干皮部厚，髓部大，由于髓部薄壁细胞分裂不连续，保存为髓模化石时其表面具横列粗纹（图 5-25，4）。

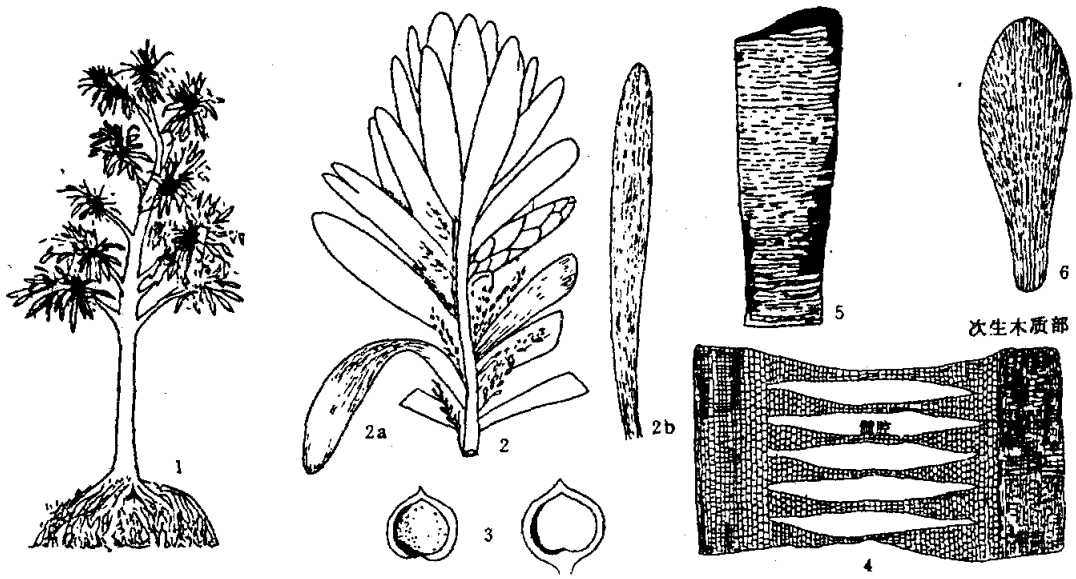


图 5-25　科达纲综合图（转引自何心一等．1993）

1. *Cordaites*（科达）植物体复原图，具高位根；2a. 科达的带叶小枝，着生孢子叶球；2b. 具平行脉的单叶；3. *Cardiocarpus*（心籽）；4. *Cordaites* 茎的纵切面，示髓及木质部；5. *Artisia*（髓模），科达茎的髓部化石；6. *Noeggerathiopsis*（匙叶）

本纲始现于晚泥盆世。晚石炭世至早二叠世最繁盛，遍及全球各植物地理区，在热带与鳞木等同为重要的造煤植物，三叠纪有残存，三叠纪后绝灭。

（二）松柏纲（Coniferopsida）

本纲除少数为灌木外，绝大多数为乔木，单轴式分枝。叶小，常呈鳞片形、锥形、针形、条形或披针形等，各具单脉，一般称之为针叶树。叶排列方式多样（图 5-26）。叶角质层厚，气孔下陷。生殖器官绝大多数为单性的球花（大、小孢子叶球），同株，极少数异株。

本纲始现于晚石炭世早期，中生代全面繁盛，至新生代松柏纲仍是裸子植物中生存最多的类群。现存松柏纲植物广布于不同纬度和不同海拔高度的平原、山区，常形成大片的针叶林。

十一、被子植物门（Angiospermae）

被子植物是植物界中结构最完善的种子植物。被子意为胚珠包在由心皮（封闭的大孢子

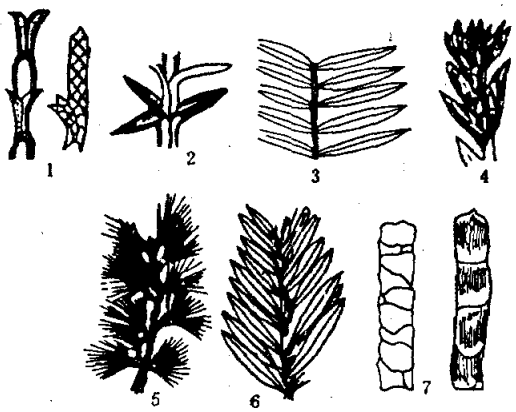


图 5-26 松柏纲叶的排列方式

（转引自何心一等，1993）

1. 交互对生；2. 交互轮生；3. 两列式；4. 覆瓦螺旋排列；5. 簇生；6. 假两列状；7. 硝状

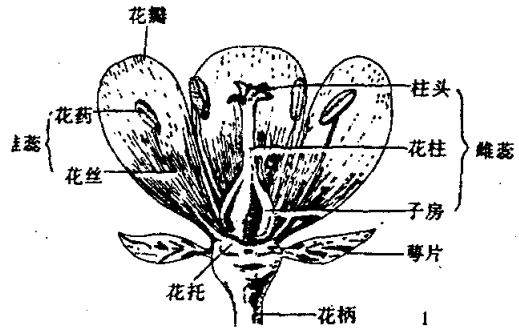


图 5-27 花的结构

（转引自何心一等，1993）

叶）形成的子房内，成熟的种子不裸露。其有性生殖器官就是花，故亦称有花植物。典型的花结构如图 5-27 所示。被子植物有乔木、灌木、藤木、草本；陆生、水生或寄生；维管束结构最完善；单叶或复叶，形态多种多样，有的具托叶；主脉羽状或弧状等，细脉均结成网状（图 5-28）。

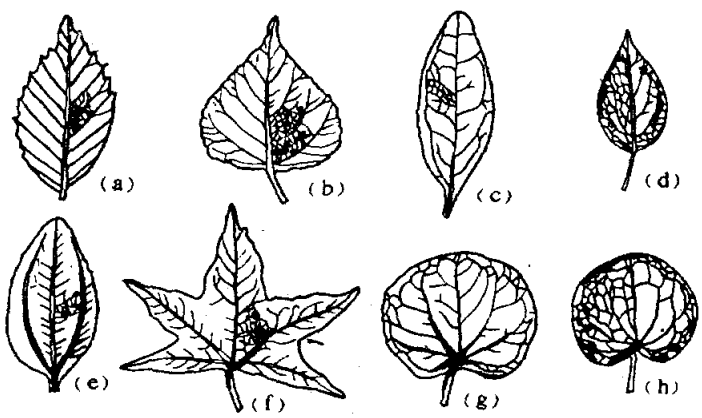


图 5-28 被子植物的脉序（转引自何心一等，1993）

(a) 羽状达缘脉序；(b) 羽状弧曲脉序；(c) 羽状环结脉序；(d) 羽状网结脉序；(e) 三出脉序；(f) 掌状脉序，裂片羽状环结脉；(g) 掌状环结脉序；(h) 掌状网结脉序

被子植物始现于早白垩世初期，至晚白垩世就迅速广泛分布，第三纪被子植物迅速取代了裸子植物而在植物界中占绝对优势，并保持到现代。

十二、植物界演化的主要阶段

植物界与动物界具有相同的演化总规律，即由水生到陆生，由低级到高级，从简单到复杂。地史时期植物界可以划分为五个主要演化阶段。

（1）菌藻植物阶段：太古宙、元古宙至早泥盆世以前，植物界都生活在水中，无器官的

分化。前期以丝状藻为主，后期以叶状藻为主，并造礁。

(2) 早期维管植物阶段：自志留纪末期至早中泥盆世，地壳上陆地面积增大，植物界由水域扩展到陆地。最早的陆生植物以原蕨植物门为主，并有原始的石松门、节蕨门和前裸子植物门植物，全部仅适应于滨海暖湿低地生长。

(3) 蕨类和古老裸子植物阶段：自晚泥盆世至早二叠世。植物界以石松门、节蕨门、真蕨门、前裸子门和古老裸子植物的种子蕨门、松柏门中科达纲为主。松柏纲自石炭纪中晚期始现，二叠纪起，中生代型的蕨类和苏铁、银杏类始现。此阶段早期（晚泥盆世至早石炭世）基本形成古生代植物群面貌，晚期古生代植物群极度发育，是全球的重要聚煤期。

(4) 裸子植物阶段：晚二叠世至早白垩世，植物界以裸于植物的苏铁门、银杏门、松柏纲和中生代真蕨植物为主。早期（晚二叠世至早、中三叠世）气候干旱，中生代植物群开始发育；晚期中生代植物群极盛，也是中生代重要聚煤阶段。

(5) 被子植物阶段：早白垩世至第四纪，被子植物逐步在植物界占绝对统治地位。第三纪是全球重要聚煤期。自第四纪冰期后，植物界面貌与现代植物界相似。